

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-040883

(43)Date of publication of application : 12.02.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 09-195861

(71)Applicant : ANDO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 22.07.1997

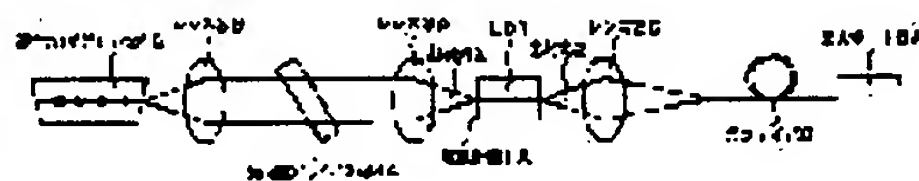
(72)Inventor : ASAMI KEISUKE

(54) TUNABLE SEMICONDUCTOR LASER LIGHT SOURCE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a tunable LD light source with simple, and stable constitution, and which obtains a laser oscillation having a narrow spectrum width with superior productivity and high reliability.

SOLUTION: An non-reflection coating 1A is executed to one end face of an LD 1. Exiting light 2 from the end face to which the non-reflection coating 1A is executed is changed into parallel light by a lens 3A. Light at a specific wavelength λ_a from among its wavelength component is selected and transmitted by a optically variable band-pass filter 4, so as to be coupled to a composite fiber grating 5. In addition, exiting light from the other end face of the LD 1 is coupled to an optical fiber 6 by a lens 3C so as to be taken out for an output port 6A. In this case, the composite fiber grating 5 is constituted, in such a way that diffraction gratings which reflect respective specific wavelengths λ_1 to λ_n are arranged in series.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 17.06.2003

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-40883

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月12日

(51) Int. Cl.⁶

識別記号

P I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全7頁)

(21) 出願番号 特願平9-195961

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月22日

(71) 出願人 000117744

安藤電気株式会社

東京都大田区蒲田4丁目19番7号

(72) 発明者 浅見 圭助

東京都大田区蒲田4丁目19番7号 安藤電気株式会社内

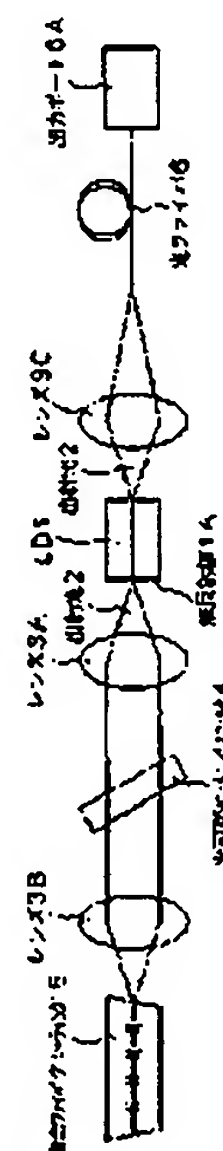
(74) 代理人 弁理士 荒船 博司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 可変波長半導体レーザ光源

(57) 【要約】

【課題】 可変波長LD光源において、簡単な構成で、安定、且つスペクトル幅の狭いレーザ発振を得るとともに、生産性に優れ、高信頼性を具備するものにする。

【解決手段】 LD1の一端面に無反射膜1Aを施し、この無反射膜1Aを施した端面からの出射光2をレンズ3Aで平行光にし、光可変バンドパスフィルタ4により、その波長成分のうち特定の波長 λ_a の光を選択、透過し、レンズ3Bにより複合ファイバグレーティング5に結合する。また、LD1の他端面からの出射光2はレンズ3Cにより光ファイバ6に結合し、出力ポート6Aから取り出す。この場合、複合ファイバグレーティング5は、各々特定の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ をそれぞれ反射する回折格子が直列に配置されて構成されている。



(2)

特開平 11-40883

1

2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】一端面に無反射膜を施した半導体レーザと、

この半導体レーザの前記無反射膜を施した前記一端面からの出射光の波長成分のうち特定の波長の光を透過する光可変バンドパスフィルタと、

この光可変バンドパスフィルタからの透過光を入射する複合ファイバグレーティングと、を備えた可変波長半導体レーザ光源であって、

前記複合ファイバグレーティングは、各々個別の波長のみをそれぞれ反射する回折格子が直列に配置されて形成されていること、を特徴とする可変波長半導体レーザ光源、

【請求項 2】前記半導体レーザの前記他端面からの出射光を入射する光ファイバと、

この光ファイバに入射した光を取り出す出力ポートと、を備えていること、を特徴とする請求項 1 記載の可変波長半導体レーザ光源、

【請求項 3】前記半導体レーザの前記無反射膜を施した前記一端面からの出射光を平行光にするレンズと、

前記光可変バンドパスフィルタからの透過光を前記複合ファイバグレーティングに結合するレンズと、

前記半導体レーザの前記他端面からの出射光を前記光ファイバに結合するレンズと、を備えていること、を特徴とする請求項 2 記載の可変波長半導体レーザ光源、

【請求項 4】前記半導体レーザは前記他端面に高反射膜を施したもので、

前記半導体レーザの前記無反射膜を施した前記一端面からの出射光を分岐し、その分岐された一方の光を前記光可変バンドパスフィルタに入射するビームスプリッタと、

このビームスプリッタで分岐された他方の光を入射する光ファイバと、

この光ファイバに入射した光を取り出す出力ポートと、を備えていること、を特徴とする請求項 1 記載の可変波長半導体レーザ光源、

【請求項 5】前記半導体レーザの前記無反射膜を施した前記一端面からの出射光を平行光にするレンズと、

前記光可変バンドパスフィルタからの透過光を前記複合ファイバグレーティングに結合するレンズと、

前記ビームスプリッタで分岐された前記他方の光を前記光ファイバに結合するレンズと、を備えていること、を特徴とする請求項 4 記載の可変波長半導体レーザ光源、

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信分野、特に WDM 伝送等で用いられる特定の基準波長を得るための可変波長半導体レーザ光源（以下では、半導体レーザを LD と略称する）に関し、波長選択手段としてファイバグレーティングを用いた可変波長 LD 光源に関するもの

である。

【0002】

【従来の技術】ファブリヘロー共振器を構成する LD の片端面に無反射膜を施し、波長選択性のある素子を使用して LD に帰還をかけることにより、もう一方の端面との間で外部共振器を構成し、利得条件と位相条件が反射損失、散乱損失等の損失にうち勝った場合に、レーザ発振をすることが知られている。このように、レーザ発振をする LD から出射された出射光のうちの任意の波長のレーザ光を選択して LD に帰還されることにより可変波長 LD 光源になる。近年、こうした可変波長 LD 光源は、マルチメディア化に伴う光通信網の大容量伝送技術として注目される WDM 伝送方式において必要不可欠な光源となっている。

【0003】ここで、従来の可変波長 LD 光源について図 5 を基に説明する。図 5 は従来の可変波長 LD 光源の構成の一例を示した構成図である。この図 5 の従来例では、LD 8 a の片端面は劈開面 8 b であり、LD 8 a の他方の端面には無反射膜 8 c が施されている。この LD 8 a の無反射膜 8 c 側から出射した光は、レンズ 9 b により平行光に変換される。このレンズ 9 b の前方には、光可変バンドパスフィルタ 12 を介して全反射ミラー 13 が配置されている。この全反射ミラー 13 と低反射膜による前記劈開面 8 b により外部共振器を構成している。また、LD 8 a の劈開面 8 b の前方にはレンズ 9 a が配置され、このレンズ 9 a を透過したレーザ光は光ファイバ 10 を伝送して出力ポート 11 から出力される構成となっている。

【0004】次に、図 5 の可変波長 LD 光源の動作について説明する。LD 8 a の無反射膜 8 c 側から出射した光は、レンズ 9 b により平行光に変換され、さらに、光可変バンドパスフィルタ 12 を通して特定の波長の光を透過し、全反射ミラー 13 により反射する。すると、光は向きを 180° 変えて進行し、再度、光可変バンドパスフィルタ 12、レンズ 9 b を通過し、LD 8 a に入射（帰還）される。この LD 8 a に入射した光は、数 10 % の反射率を持つ劈開面 8 b で反射し、再度、LD 8 a に戻される。そして、劈開面 8 b と全反射ミラー 13 により構成される外部共振器において、レーザ発振をおこす。なお、光可変バンドパスフィルタ 12 の透過域半値幅は 0.5 nm 程度の狭帯域なものを用いる。こうしてレーザ発振した光は、レンズ 9 a を介し光ファイバ 10 に結合され、出力ポート 11 に出力される。この構成の中で光可変バンドパスフィルタ 12 の透過波長を可変とすることにより、可変波長 LD 光源となる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、以上のような図 5 に示した従来の可変波長 LD 光源では、波長選択手段として光可変バンドパスフィルタ 12 だけを用いており、そのフィルタの透過域半値幅が狭い必要があるた

(3)

特開平 11-40883

3

め、光可変バンドパスフィルタ 12 の価格が非常に高価となり、同時に光可変バンドパスフィルタ 12 では透過域半値幅 0.5 nm 程度が限界となっていた。このため、スペクトル幅の狭いレーザ発振を得ることが困難だった。また、選択波長の再現性を高めるためには、光可変バンドパスフィルタ 12 の入射角度や温度を高精度に制御する必要があり、構造の複雑化、高度な光軸調整技術及び固定技術が必要となる、など生産面での大きな障害となっていた。

【0006】そこで、本発明の目的は、簡単な構成で、安定、且つスペクトル幅の狭いレーザ発振を得るとともに、生産性に優れ、高信頼性を具備する可変波長 LD 光源を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】以上の課題を解決すべく請求項 1 記載の発明は、一端面に無反射膜を施した LD と、この LD の前記無反射膜を施した前記一端面からの出射光の波長成分のうち特定の波長の光を透過する光可変バンドパスフィルタと、この光可変バンドパスフィルタからの透過光を入射する複合ファイバグレーティングと、を備えた可変波長 LD 光源であって、前記複合ファイバグレーティングは、各々個別の波長のみをそれぞれ反射する回折格子が直列に配置されて形成されている構成、を特徴としている。

【0008】以上のように、請求項 1 記載の発明によれば、LD の無反射膜を施した一端面からの出射光の波長成分のうち特定の波長の光を透過する光可変バンドパスフィルタと、その透過光を入射し、各々個別の波長のみをそれぞれ反射する回折格子の直列配置により構成された複合ファイバグレーティングと、を備えた可変波長 LD 光源なので、LD の無反射膜を施した一端面からの出射光のうち、特定の波長の光を光可変バンドパスフィルタで選択した後、複合ファイバグレーティングにより更に狭帯域化した光を帰還し、レーザ発振させられる。従って、波長選択性に優れ、スペクトル幅の狭いレーザ発振が得られる。また、2つの波長選択素子のうち、より狭帯域な波長選択特性を持つファイバグレーティングは、温度変化に対する波長安定性が高く、光可変バンドパスフィルタの入射角度や温度に対する制御精度が緩和されることから、特に複雑な構造を必要とせず、高度な光軸調整技術及び固定技術も不要となる。

【0009】そして、請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の可変波長 LD 光源であって、前記 LD の前記他端面からの出射光を入射する光ファイバと、この光ファイバに入射した光を取り出す出力ポートと、を備えている構成、を特徴としている。

【0010】このように、請求項 2 記載の発明によれば、請求項 1 記載の LD の他端面からの出射光を入射する光ファイバと、この光ファイバに入射した光を取り出す出力ポートと、を備える可変波長 LD 光源なので、LD

4

LD の他端面からの出射光を光ファイバに入射して、その光ファイバに入射した光を出力ポートから取り出せる。

【0011】さらに、請求項 3 記載の発明は、請求項 2 記載の可変波長 LD 光源であって、前記 LD の前記無反射膜を施した前記一端面からの出射光を平行光にするレンズと、前記光可変バンドパスフィルタからの透過光を前記複合ファイバグレーティングに結合するレンズと、前記 LD の前記他端面からの出射光を前記光ファイバに結合するレンズと、を備えている構成、を特徴としている。

【0012】このように、請求項 3 記載の発明によれば、まず、LD の無反射膜を施した一端面からの出射光を平行光にするレンズと、光可変バンドパスフィルタからの透過光を複合ファイバグレーティングに結合するレンズと、を備える可変波長 LD 光源なので、LD の無反射膜を施した一端面からの出射光をレンズにより平行光にしてから光可変バンドパスフィルタに入射でき、さらに、その光可変バンドパスフィルタからの透過光をレンズにより収束させて複合ファイバグレーティングに確実に結合できる。また、LD の他端面からの出射光を請求項 2 記載の光ファイバに結合するレンズも備えるので、LD の他端面からの出射光をレンズにより収束させて光ファイバに確実に結合できる。

【0013】また、請求項 4 記載の発明は、請求項 1 記載の可変波長 LD 光源であって、前記 LD は前記他端面に高反射膜を施したもので、前記 LD の前記無反射膜を施した前記一端面からの出射光を分岐し、その分岐された一方の光を前記光可変バンドパスフィルタに入射するビームスプリッタと、このビームスプリッタで分岐された他方の光を入射する光ファイバと、この光ファイバに入射した光を取り出す出力ポートと、を備えている構成、を特徴としている。

【0014】このように、請求項 4 記載の発明によれば、まず、請求項 1 記載の LD は他端面に高反射膜を施したもので、無反射膜を施した一端面からの出射光を分岐し、その分岐された一方の光を光可変バンドパスフィルタに入射するビームスプリッタを備える可変波長 LD 光源なので、LD の無反射膜を施した一端面側からの光の一部を利用して外部共振器が構成され、LD の高反射膜を施した他端面側の光学系が不要となる。この結果、更に構造を簡素化でき、LD チップをキャンパッケージに入れることも容易にでき、信頼性が高められる。また、ビームスプリッタで分岐された他方の光を入射する光ファイバと、この光ファイバに入射した光を取り出す出力ポートと、を備えるので、ビームスプリッタで分岐された他方の光を光ファイバに入射して、その光ファイバに入射した光を出力ポートから取り出せる。

【0015】そして、請求項 5 記載の発明は、請求項 4 記載の可変波長 LD 光源であって、前記 LD の前記無反射膜を施した前記一端面からの出射光を平行光にするレ

(4)

特開平11-40883

5

レンズと、前記光可変バンドパスフィルタからの透過光を前記複合ファイバグレーティングに結合するレンズと、前記ビームスプリッタで分岐された前記他方の光を前記光ファイバに結合するレンズと、備えている構成を特徴としている。

【0016】このように、請求項5記載の発明によれば、まず、LDの無反射膜を施した一端面からの出射光を平行光にするレンズと、光可変バンドパスフィルタからの透過光を複合ファイバグレーティングに結合するレンズと、備える可変波長LD光源なので、LDの無反射膜を施した一端面からの出射光をレンズにより平行光にしてから光可変バンドパスフィルタに入射でき、さらに、その光可変バンドパスフィルタからの透過光をレンズにより収束させて複合ファイバグレーティングに確実に結合できる。また、請求項4記載のビームスプリッタで分岐された他方の光を光ファイバに結合するレンズも備えるので、ビームスプリッタで分岐された他方の光をレンズにより収束させて光ファイバに確実に結合できる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係る可変波長LD光源の実施の形態例を図1から図4に基づいて説明する。

【0018】＜第1の実施の形態例＞まず、図1は本発明を適用した可変波長LD光源の第1の実施の形態例を示す構成図である。この図1において、LD1の後端面には反射率0.1%以下の無反射膜1Aが施されている。また、LD1の前端面は、従来同様、劈開面（反射率は30%前後）である。LD1の後端面（無反射膜1A）から出射した光2を、レンズ3Aで平行光にしてから、光可変バンドパスフィルタ4に入射する。この光可変バンドパスフィルタ4の透過域半値幅は1~2nm程度でよい。この光可変バンドパスフィルタ4に入射した光は、全波長成分のうち特定の波長 λ_a の光だけが透過され、レンズ3Bによって複合ファイバグレーティング5に結合される。この複合ファイバグレーティング5に入射した光は、そのファイバ内に形成された回折格子により更に狭帯域化されて反射され、再びレンズ3B、光可変バンドパスフィルタ4、レンズ3Aと元の光路をたどり、LD1に帰還される。こうして、LD1の前端面（劈開面）と複合ファイバグレーティング5内の回折格子とで外部共振器を構成し、レーザ発振する。

【0019】ここで、複合ファイバグレーティング5について、図3及び図4により更に詳しく説明する。まず、図3は複合ファイバグレーティング5の構造を詳細に示したものである。この図3において、5は複数の回折格子が形成されたファイバグレーティング本体。5Aはファイバグレーティングの入射端面。5Bはファイバグレーティングと熱膨張係数が整合された合成石英製の保護チューブである。即ち、ファイバグレーティング本

6

体5内に形成された複数の回折格子は、それぞれ特定の波長（ λ_1 、 λ_2 、 $\lambda_3 \dots \lambda_n$ ）のみ反射し、それ以外の波長は全て透過する。各波長は、WDM伝送で用いられる基準波長等に設定する。なお、WDM伝送では連続的な波長の可変である必要はなく、個々の基準波長を個別に選択できればよい。

【0020】次に、光可変バンドパスフィルタ4によって、 λ_1 の波長を選択した場合について作用を説明する。光可変バンドパスフィルタ4によって選択された光は、レンズ3Bによって集光され、ファイバグレーティング本体5に結合される。なお、ファイバグレーティング本体5の入射端面5Aは、LD1への不要な戻り光を避けるため斜め研磨している。そして、ファイバグレーティング本体5に入射した光は、そのファイバ内に形成された複数の回折格子のうち、 λ_1 を選択する回折格子によって更に狭帯域に波長選択され、反射される。その反射された光は、ファイバ内を逆方向に進行し、レンズ3B、光可変バンドパスフィルタ4、LD1へと帰還され、外部共振器を構成し、レーザ発振する。

【0021】同様に、光可変バンドパスフィルタ4の入射角を変え、 λ_n の波長を選択した場合では、ファイバグレーティング本体5に入射した光は、 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 を選択する回折格子をそのまま通過し、 λ_n を選択する回折格子によって狭帯域に波長選択され、反射される。こうして反射された光は、再び他の波長を選択する回折格子を逆方向に通過し、 λ_1 選択時と同様に、LD1に帰還される。また、光可変バンドパスフィルタ4での選択波長が、各回折格子の選択波長のどれとも一致しない場合は、全ての回折格子をそのまま通過し、ファイバグレーティング本体5から抜けてしまう。こうした波長の戻りが不要な場合は、ファイバグレーティング本体5の後端面も斜め研磨処理を施す必要がある。なお、ファイバグレーティングは、一般に温度変化に対する波長変動はおよそ0.1nm/℃以下と小さいが、曲げなどによる歪みに対する波長変動が大きいため、細いファイバグレーティング本体5を熱膨張係数の近い合成石英などを用いた保護チューブに入れている。

【0022】次に、図4は本発明による可変波長LD光源の帰還光の波長特性を示すもので、図4(A)は光可変バンドパスフィルタ4で λ_2 の波長を選択した場合の光可変バンドパスフィルタ4透過後の波長特性、図4(B)は複合ファイバグレーティング5のフィルタ特性、図4(C)は複合ファイバグレーティング5により狭帯域に波長選択された後のLD1への帰還光の波長特性をそれぞれ示す。こうしてレーザ発振した光は、再び、図1において、LD1の前端面（劈開面）からレンズ3Cにより光ファイバ6に結合され出力ポート6Aから取り出される。

【0023】＜第2の実施の形態例＞図2は本発明を適用した可変波長LD光源の第2の実施の形態例を示す構

(5)

特開平11-40883

7

8

成図である。この図2においては、LD1の後端面に高反射膜1Bを施し、前端面に無反射膜1Aを施している。LD1の前端面から出射した光2は、レンズ3Aで平行光にされ、ビームスプリッタ7により50:50に分岐される。ここで、ビームスプリッタ7の分岐比率は、光出力を高めたいときは光ファイバ6側の比率を高め、波長可変幅を広げたいときには光可変バンドパスフィルタ4側への比率を高くすればよい。

【0024】こうしてビームスプリッタ7で反射された片方の光は、光可変バンドパスフィルタ4、レンズ3Bを介し複合ファイバグレーティング5に結合される。そして、光可変バンドパスフィルタ4と複合ファイバグレーティング5によって波長選択された光は、図1に示した第1の実施の形態例と同様に、元の光路をたどり、LD1に帰還され、LD1の後端面に施された高反射膜1Bと回折格子とで外部共振器を構成し、レーザ発振する。一方、出力光は、ビームスプリッタ7を透過したもう片方の光をレンズ3Cにより光ファイバ6に結合することで、出力ポート6Aから取り出す。

【0025】なお、以上の実施の各形態例において、本発明はこれらに限定されるものではなく、他の部品配置構成であってもよい。また、その他、具体的な細部構造等についても適宜に変更可能であることは勿論である。

【0026】

【発明の効果】以上のように、請求項1記載の発明に係る可変波長LD光源によれば、LDの無反射膜を施した一端面からの出射光のうち、特定の波長の光を光可変バンドパスフィルタで選択した後、複合ファイバグレーティングにより更に狭帯域化した光を帰還し、レーザ発振させているので、波長選択性に優れ、スペクトル幅の狭いレーザ発振を得ることができる。また、2つの波長選択素子のうち、より狭帯域な波長選択特性を持つファイバグレーティングは、温度変化に対する波長安定性が高いため、光可変バンドパスフィルタの入射角度や温度に対する制御精度が緩和される。この結果、特に複雑な構造を必要とせず、高度な光軸調整技術及び固定技術も不要となるといった利点を得られる。

【0027】そして、請求項2記載の発明に係る可変波長LD光源によれば、請求項1記載の発明により得られる効果に加えて、LDの他端面からの出射光を光ファイバに入射して、その光ファイバに入射した光を出力ポートから取り出すことができるといった利点を得られる。

【0028】さらに、請求項3記載の発明に係る可変波長LD光源によれば、請求項2記載の発明により得られる効果に加えて、まず、LDの無反射膜を施した一端面からの出射光をレンズにより平行光にしてから光可変バンドパスフィルタに入射させることができ、さらに、その光可変バンドパスフィルタからの透過光をレンズにより収束させて複合ファイバグレーティングに確実に結合

させることができるといった利点を得られる。また、LDの他端面からの出射光をレンズにより収束させて光ファイバに確実に結合させることができるといった利点も得られる。

【0029】また、請求項4記載の発明に係る可変波長LD光源によれば、請求項1記載の発明により得られる効果に加えて、LDの無反射膜を施した一端面側からの光の一部を利用して外部共振器を構成しているため、LDの高反射膜を施した他端面側の光学系が不要となり、更に構造を簡素化でき、LDチップをキャンパッケージに入れることも容易にでき、信頼性を高めることができるといった利点を得られる。また、ビームスプリッタで分岐された他方の光を光ファイバに入射して、その光ファイバに入射した光を出力ポートから取り出すことができるといった利点も得られる。

【0030】そして、請求項5記載の発明に係る可変波長LD光源によれば、請求項4記載の発明により得られる効果に加えて、まず、LDの無反射膜を施した一端面からの出射光をレンズにより平行光にしてから光可変バンドパスフィルタに入射させることができ、さらに、その光可変バンドパスフィルタからの透過光をレンズにより収束させて複合ファイバグレーティングに確実に結合させることができるといった利点を得られる。さらに、ビームスプリッタで分岐された他方の光をレンズにより収束させて光ファイバに確実に結合させることができるといった利点も得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した可変波長LD光源の第1の実施の形態例を示す構成図である。

【図2】本発明を適用した可変波長LD光源の第2の実施の形態例を示す構成図である。

【図3】本発明の構成部品のひとつである複合ファイバグレーティングの構成及び作用を説明する図である。

【図4】本発明による可変波長LD光源の帰還光の波長特性を示すもので、(A)は光可変バンドパスフィルタでλ2の波長を選択した場合の光可変バンドパスフィルタ透過後の波長特性図、(B)は複合ファイバグレーティングのフィルタ(反射)特性図、(C)は複合ファイバグレーティングにより狭帯域に波長選択された後のLDへの帰還光の波長特性図である。

【図5】従来の可変波長LD光源の構成の一例を示した構成図である。

【符号の説明】

- 1 LD
- 1A 無反射膜
- 1B 高反射膜
- 2 出射光
- 3A、3B、3C レンズ
- 4 光可変バンドパスフィルタ
- 5 複合ファイバグレーティング

(5)

特開平11-40883

9

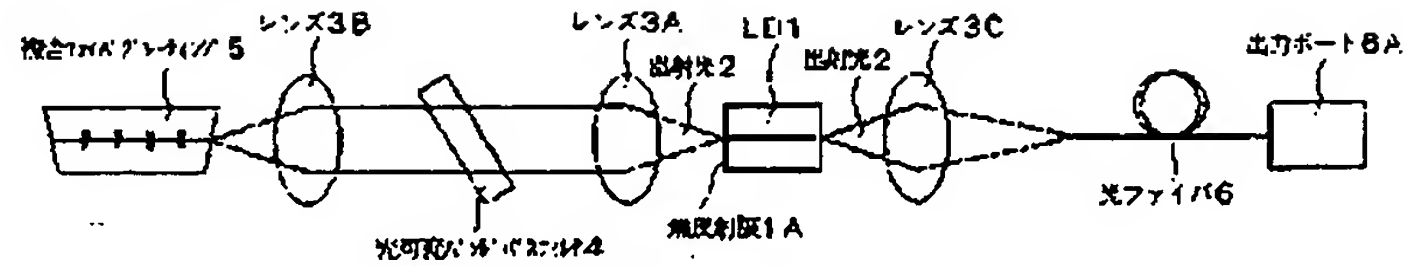
10

6 光ファイバ
6A 出力ポート

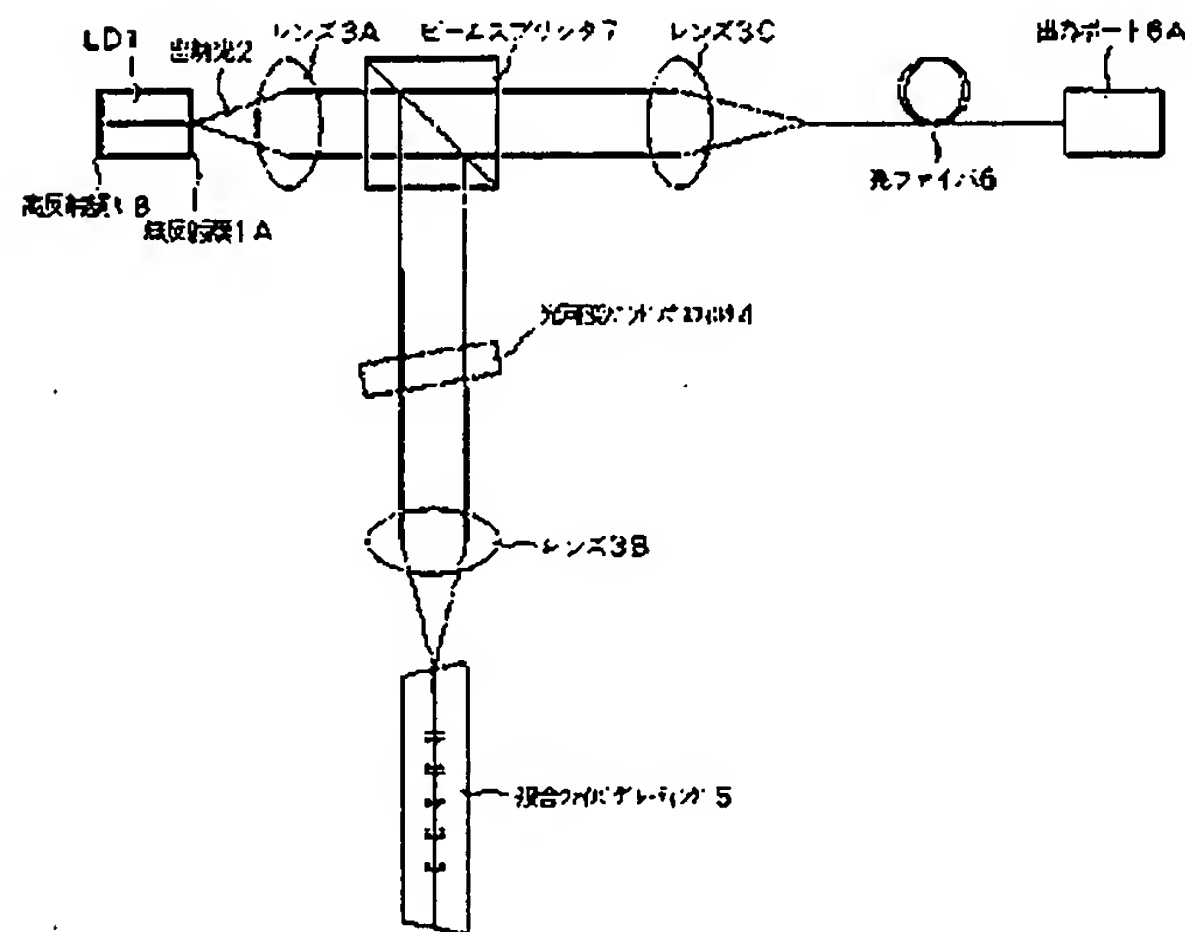
*7 ビームスプリッタ

*

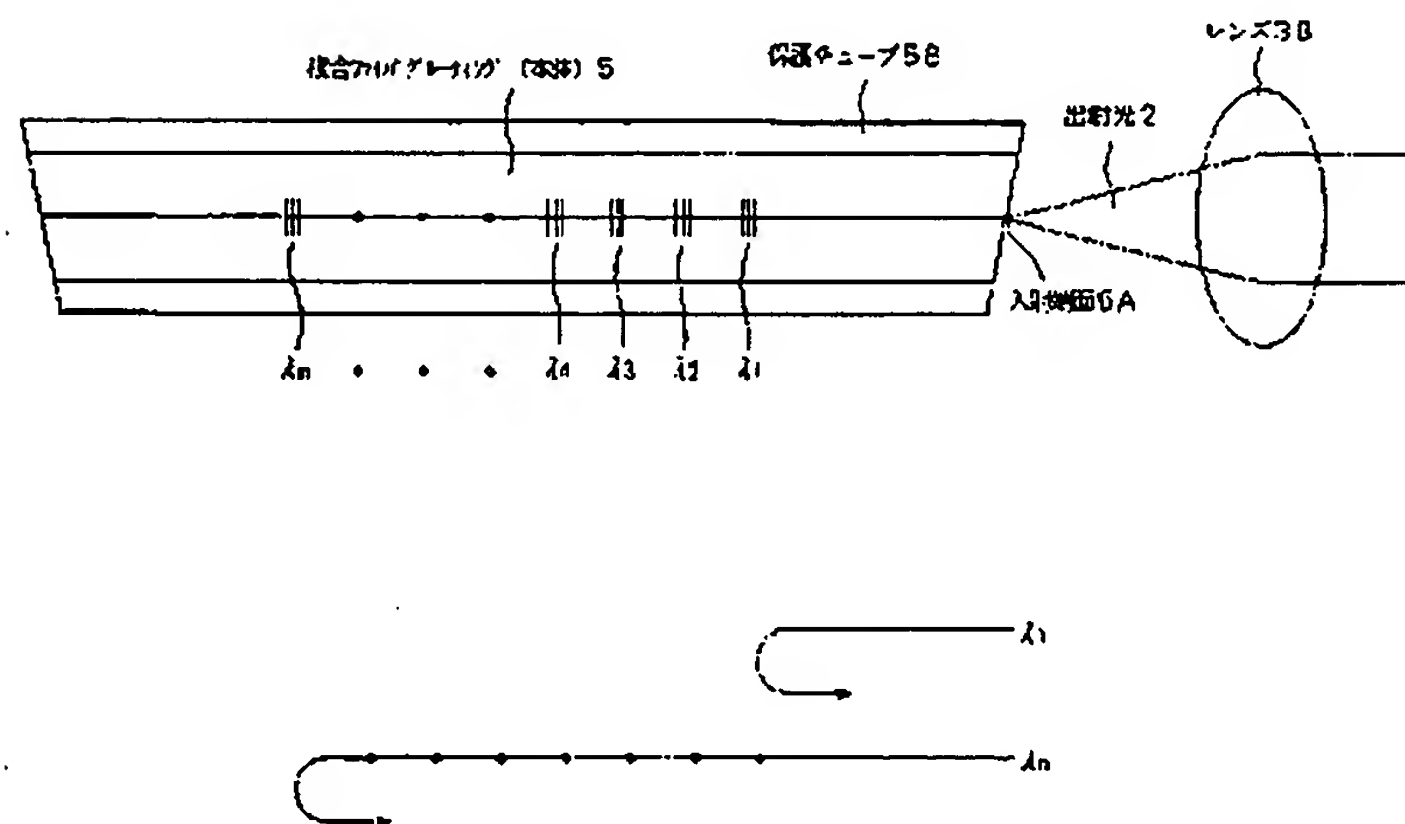
【図1】



【図2】



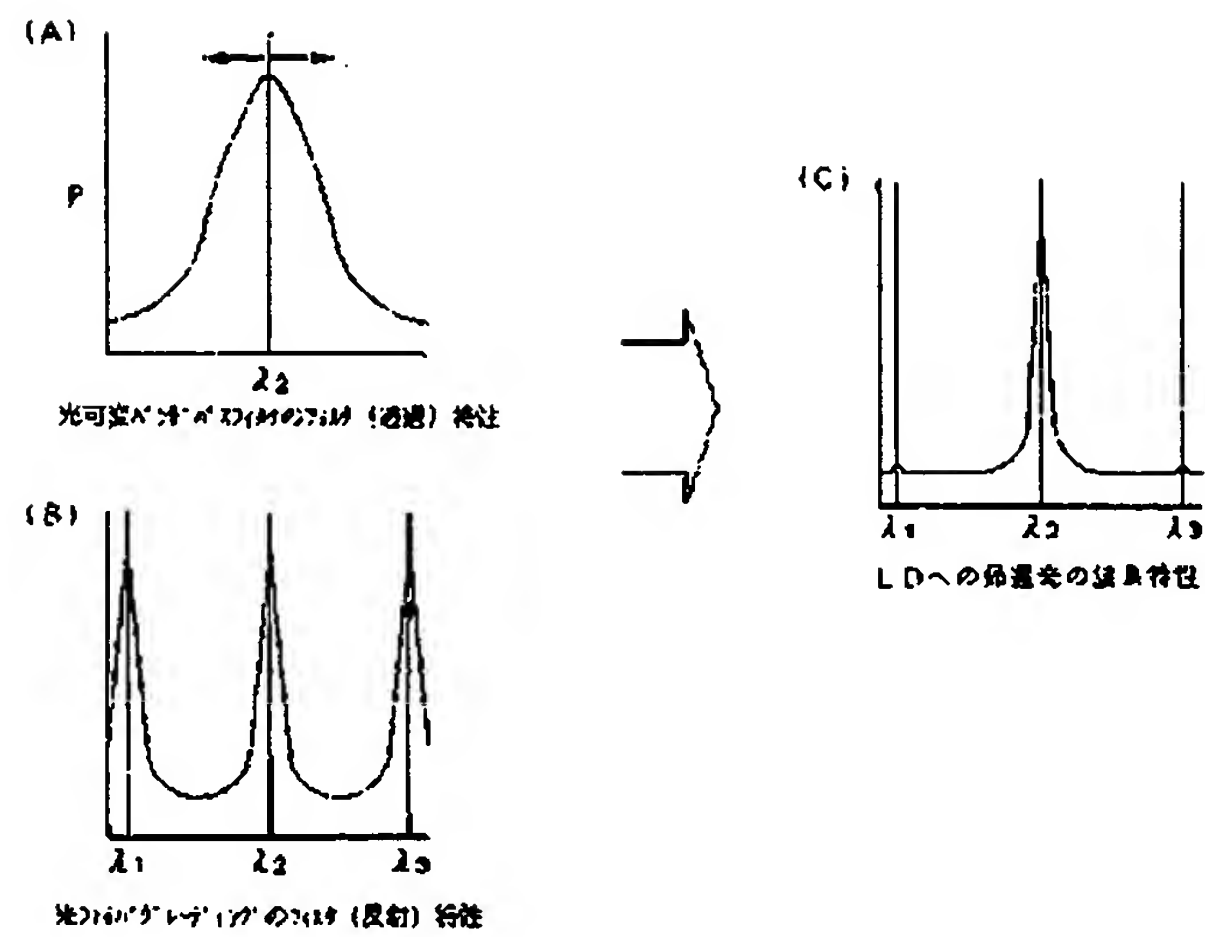
【図3】



(7)

特開平11-40883

【図4】



【図5】

